UO‘K: 667.287.5 10.70769/3030-3214.SRT.3.3.2025.15

YUQORI SAMARALI QUYOSH ELEMENTINI TAYYORLASH UCHUN MIS ASOSLI FTALOSIANIN MODDASINI SINTEZ QILISH

Mustafayev Muhammad-Ali Nurali o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, doktorant, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: Muha1993ali1212@gmail.com
ORCID ID: 0009-0005-4168-3383

Karimov Mas’ud Ubaydulla o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, t.f.d., professor, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: masudkarimov27@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-5063-0914

Djalilov Abdulahat Turapovich
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, O‘zRFA akademigi, k.f.d., professor, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: gup_tniixt@mail.ru

Annotatsiya. *Mazkur ilmiy ishda quyosh panellari haqida qisqacha ma’lumotlar berilib, quyosh elementlarini tayyorlashda foydalaniladigan ftalosianin pigmentining sintez jarayoni hamda uning infraqizil (IR) spektral tahlili yoritilgan. Mis asosli ftalosianin namunasi PerkinElmer Fourier-transform infraqizil (FTIR) spektrometri yordamida tahlil qilinib, unda mavjud funksional guruhlar aniqlangan. Spektral ma’lumotlarga ko‘ra, namunada aromatik halqalar, karbonil, gidroksil, efir, nitril hamda metall-kislorod (Cu–O) bog‘lanishlariga xos cho‘qqilar qayd etilgan. Olingan natijalar namunada mis ionlari bilan kompleks hosil qilgan fitokimyoviy birikmaning mavjudligini tasdiqlaydi. Ushbu tahlil ftalosianin asosli quyosh elementlarining tarkibini chuqur o‘rganish va ularning fotoelektrik samaradorligini oshirish imkoniyatlarini baholashda muhim ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *Quyosh elementi, ftalosianin pigmenti, ftol angidrid, mis(I)xlorid, borat kislotasi, karbomid, sulfat kislota, natriy karbonat, IR spektori.*

СИНТЕЗ МЕДЬСОДЕРЖАЩЕГО ФТАЛОЦИАНИНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА

Мустафаев Мухаммад-Али Нурали угли
Ташкентский научно-исследовательский химико-технологический институт, докторант, Ташкент, Узбекистан

Каримов Масуд Убайдуллаевич
Ташкентский научно-исследовательский химико-технологический институт, доктор технических наук, профессор, Ташкент, Узбекистан

Джалилов Абдулахат Турапович
Ташкентский научно-исследовательский химико-технологический институт, академик АН РУз, доктор химических наук, профессор, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. *В данной научной работе представлена краткая информация о солнечных панелях, освещен процесс синтеза фталоцианинового пигмента, используемого при изготовлении солнечных элементов, а также его инфракрасный (ИК) спектральный анализ. Образец фталоцианина на основе меди был проанализирован с помощью инфракрасного Фурье-спектрометра (FTIR) PerkinElmer, в результате чего были идентифицированы имеющиеся функциональные группы. Согласно спектральным данным, в образце обнаружены пики, харак -*

терные для ароматических колец, карбонильных, гидроксильных, эфирных, нитрильных и металл-кислородных (Cu-O) связей. Полученные результаты подтверждают наличие в образце фитохимического соединения, образующего комплекс с ионами меди. Данный анализ имеет важное значение для глубокого изучения состава солнечных элементов на основе фталоцианина и оценки возможностей повышения их фотоэлектрической эффективности.
Ключевые слова: *Солнечный элемент, фталоцианиновый пигмент, фталевый ангидрид, хлорид меди (I), борная кислота, карбамид, серная кислота, карбонат натрия, ИК-спектр.*

SYNTHESIS OF COPPER-CONTAINING PHTHALOCYANINE FOR THE MANUFACTURE OF A HIGHLY EFFICIENT SOLAR CELL

Mustafaev Mukhammad-Ali Nurali ugli
Tashkent Chemical-Technological Research Institute, doctoral student, Tashkent, Uzbekistan

Karimov Masud Ubaydulla ugli
Tashkent Chemical-Technological Research Institute, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tashkent, Uzbekistan

Djalilov Abdulakhat Turapovich
Tashkent Research Institute of Chemical Technology, Academician of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. *This scientific paper provides concise information on solar panels, describes the synthesis process of the phthalocyanine pigment used in the production of solar cells, and presents its infrared (IR) spectral analysis. A copper-based phthalocyanine sample was analyzed using a PerkinElmer Fourier-transform infrared spectrometer (FTIR), which resulted in the identification of existing functional groups. According to the spectral data, peaks characteristic of aromatic rings, carbonyl, hydroxyl, ether, nitrile, and metal-oxygen (Cu-O) bonds were detected in the sample. The obtained results confirm the presence of a phytochemical compound in the sample that forms a complex with copper ions. This analysis is crucial for an in-depth study of the composition of phthalocyanine-based solar cells and for evaluating the potential to enhance their photoelectric efficiency.*
Keywords: *Solar cell, phthalocyanine pigment, phthalic anhydride, copper (I) chloride, boric acid, urea, sulfuric acid, sodium carbonate, IR spectrum.*

Kirish. Hozirgi kunda ekologik toza va samarali elektr energiyasini ishlab chiqish tobora dolzarblashib, unga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Elektr energiyasini olishning samarali usullaridan biri – quyosh panellari yordamida ishlab chiqarishdir. Eng keng tarqalgan panellar kremniy asosida bo‘lsa-da, bugungi kunda yangi izlanishlar natijasida boshqa moddalar yordamida ham quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish ishlari olib borilmoqda.

Ftalosianin asosli quyosh elementlarini tayyorlashning bir necha usullari ishlab chiqilgan. Ftalosianin ekologik tozaligi, inson salomatligi va atrof-muhitga zararsizligi, ishlab chiqarishning qulayligi bilan ajralib turadi. Zamonaviy energetika sohasida ekologik toza va samarali elektr energiyasi manbalarini rivojlantirish dolzarb masalaga aylangan. An’anaviy kremniy asosli quyosh panellari keng qo‘llanilayotgan bo‘lsa-da, yangi avlod materiallari, jumladan ftalosianin asosli quyosh elementlari ilmiy tadqiqotlarning markaziga aylanmoqda.

Ftalosianinning ekologik xavfsizligi, arzonligi, yuqori optik xossalari va ko‘p funksiyali qo‘llanilish imkoniyatlari uni quyosh nurlarini elektr energiyasiga aylantirishda istiqbolli modda sifatida ko‘rsatmoqda. Ushbu maqolada ftalosianin asosli quyosh elementlarini ishlab chiqish usullari va ularning samaradorligini oshirish imkoniyatlari tahlil qilinadi.

Ftalosianin organik modda bo‘lib, u bo‘yoq sifatida, elektronika sohasida turli elektron qurilmalar tayyorlashda, tibbiyotda va boshqa yo‘nalishlarda keng qo‘llanib kelmoqda. Ftalosianinning yuqori optik xossalari quyoshdan kelayotgan nurni o‘zlashtirib, elektronlarning harakatlanishini ta’minlaydi va natijada samarali elektr energiyasi olish imkonini beradi [1].

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

Tajribaviy qism. Mis asosli ftalosianin pigmentini olish jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi:

Birinchidan, 100 g ftol angidrid, 16 g mis xlorid, 2,8 g borat kislotasi va 240 g karbamid olinib, yaxshilab aralashtiriladi. Aralashma hovonchada ezilib, elakdan oʻtkaziladi. Hosil boʻlgan aralashma 300 °C da 1 soat davomida pechga qoʻyiladi. Natijada toʻq koʻk rangli ftalosianin moddasi hosil boʻladi.

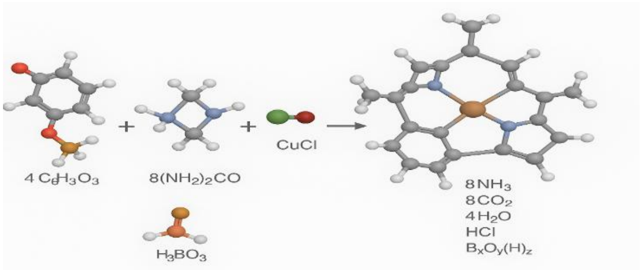
Hosil boʻlgan moddani erimay qolgan va ortiqcha qoʻshimchalardan tozalash uchun uni 200 g sulfat kislotaga solib eritiladi. Eritma yaxshi erigach, ustiga asta-sekin distillangan suv qoʻshilib, choʻkmaga tushiriladi.

Neytrallash jarayoni: 20 g natriy karbonat 100 ml distillangan suvda eritilib, hosil boʻlgan eritma choʻkma ustiga asta-sekin qoʻshiladi. Aralashma yaxshilab aralashtirilib, tindirish uchun qoldiriladi.

Choʻkma hosil boʻlgach, modda ajratib olinadi va kislotaliligi yoʻqolguncha bir necha bor distillangan suv bilan yuviladi. pH-indikator yordamida kislotalilik darajasi muntazam tekshirib turiladi [1-2].

Kislotaliligi toʻliq yoʻqolgach, modda filtrlab olinadi va 70 °C da pechda 24 soat davomida quritiladi. Natijada toza 74,87 g mis asosli ftalosianin pigmenti hosil boʻladi.

Reaksiyaning borish mexanizmi quyidagicha tasvirlanishi mumkin:

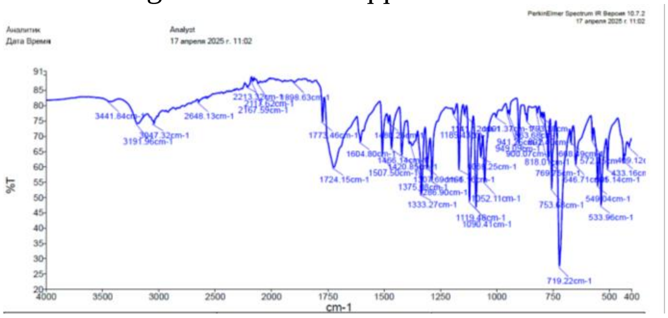


1-rasm. Mis-ftalosianin pigmentini sintez qilish reaksiyasi mexanizmi.

Mazkur maqolada mis asosli ftalosianin namunasining funksional guruhlari PerkinElmer FTIR (Fourier-transform infrared) spektrometri yordamida olingan infraqizil (IR) spektri asosida tahlil qilindi. Tahlil natijalariga koʻra, namunada aromatik halqalar, karbonil, gidroksil, efir, nitril hamda metall-kislorod (Cu–O) bogʻlanishlariga xos spektral choʻqqilar aniqlandi. Bu esa mis ionlari bilan kompleks hosil qilgan ftalosianin birikmasining mavjudligini tasdiqlaydi.

Infraqizil spektroskopiya (IR) organik va noorganik moddalar tarkibidagi funksional guruhlarni aniqlashda keng qoʻllaniladigan analitik usuldir. Ushbu metod molekuladagi kovalent bogʻlanishlarning choʻzilish, burchak ostida egilish yoki siljish vibratsiyalarini qayd etish orqali moddaning strukturasini tavsiflaydi.

Ushbu tadqiqotda mis asosli ftalosianin namunasining IR spektri asosida uning kimyoviy tarkibi va funksional guruhlari aniqlandi. IR spektr PerkinElmer Spectrum IR dasturiy ta'minotining 10.7.2 versiyasi yordamida 4000–400 cm^{-1} oraligʻida yozib olindi. Asosiy transmittans choʻqqilari qayd etilib, ularning har biri tegishli funksional guruhlar bilan taqqoslandi.



1-rasm. Ftalosianin IR spektroskopiyasi.

IR spektrda aniqlangan asosiy choʻqqilar va ularning ehtimoliy bogʻlanishlari quyidagicha:

- Birinchi choʻqqi (gidroksil va amin guruhlari, O–H / N–H): 3047.32 va 3191.96 cm^{-1} – keng va kuchli choʻqqilar boʻlib, spirtlar, fenollar yoki birlamchi/ikkilamchi aminlarning mavjudligini koʻrsatadi.

- Ikkinchi choʻqqi (nitril yoki alkin guruhlari, C≡N / C≡C): 2213.32, 2167.59, 2117.62 cm^{-1} – uch bogʻli guruhlar mavjudligini, ayniqsa nitril (C≡N) mavjudligiga ishora qiladi.

- Uchinchi choʻqqi (karbonil va konjugatsiyalangan tizimlar, C=O / C=C): 1898.63, 1773.46, 1724.15, 1664.16, 1604.80 cm^{-1} – kuchli choʻqqilar karbonil guruhlari (keton, karboksil kislotasi, ester) va konjugatsiyalangan tizimlarning mavjudligini bildiradi [3-5].

- Toʻrtinchi choʻqqi (aromatik halqa): 1507.50, 1480.26, 1466.14, 1375.08 cm^{-1} – C–C va C–H vibratsiyalari aromatik halqaning mavjudligini

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

tasdiqlaydi.

- Beshinchi cho'qqi (efir va spirtli guruhlar, C–O): 1333.27, 1286.90, 1189.43, 1141.12, 1090.41, 1069.25 cm^{-1} – C–O cho'zilish vibratsiyalari fenolik, efir yoki spirtli guruhlarning mavjudligiga dalildir.

- Oltinchi cho'qqi (aromatik, Ar–H): 802.40, 793.38, 753.68, 719.22 cm^{-1} – benzol halqali tizimlarga xos tashqi bog' burchak ostida egilish yoki siljish vibratsiyalarini ko'rsatadi.

- Yettinchi cho'qqi (metall–ligand, Cu–O): 505.14, 533.96, 549.04, 572.25 cm^{-1} – zaif cho'qqilar metall (mis) va kislorod atomlari orasidagi bog'lanishni bildiradi.

Infraqizil spektr tahlili asosida mis asosli ftalosianin namunasi tarkibida quyidagi funksional guruhlar aniqlandi: Aromatik halqa (benzol tizimi); Karbonil guruhlari (C=O); Gidroksil (O–H) va ehtimol amin (N–H) guruhlari; Efir yoki spirtli guruhlar (C–O); Nitril yoki alkin guruhlari (C≡N / C≡C); Mis ionlari bilan koordinatsiyalangan kislorod atomlari (Cu–O).

Xulosa. Sintez qilingan ftalosianin pigmenti elektr energiyasini yaxshi o'tkazishi va quyosh nuri ta'sirida yetarli darajada elektronlarni harakatga keltirishi aniqlangan. Ushbu tadqiqotda mis asosli ftalosianin namunasi infraqizil (FTIR) spektroskopiya usuli yordamida tahlil qilindi.

Olingan spektral ma'lumotlar asosida namunada bir qator funksional guruhlar – gidroksil (O–H), amin (N–H), karbonil (C=O), nitril (C≡N), efir yoki spirtli (C–O), aromatik halqalar hamda metall–kislorod (Cu–O) bog'lanishlari mavjudligi aniqlandi [5].

Mazkur guruhlarning mavjudligi ftalosianin molekulasi va mis ionlari o'rtasida kompleks hosilalarning shakllanganini tasdiqlaydi. Tadqiqot natijalari FTIR spektroskopiyaning modda tarkibini aniqlashda ishonchli analitik usul ekanini ko'rsatadi va mis asosli ftalosianinlarning kimyoviy tuzilishini chuqurroq o'rganishda muhim ahamiyat kasb etishini tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Shukurov, D. Kh., Turaev, Kh. Kh., Kholnazarov, B. A., Kasimov, Sh. A., Jumaeva, Z. E., & Tillayev, Kh. R. (2023). Synthesis of zinc phthalocyanine pigment and its application to new generation solar cells. International Journal of Engineering Trends and Technology, 71(4), 453–461. https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I4P238
2. Богуславский, Е. Г., Прохорова, С. А., & Надолинный, В. А. (2005). Эволюция упорядоченных пленок фталоцианина меди по данным ЭПР. Журнал структурной химии, 46(4), 1055–1063.
3. Diacon, A., Rusen, E., Boscornea, C., Pandele, A. M., & Cincu, C. (2011). New phthalocyanine-fullerene dyads sensitizers for solar cells. UPB Scientific Bulletin, Series B, 73(3), 87–98.
4. Geerts, Y. H., Debever, O., Amato, C., & Sergeyev, S. (2009). Synthesis of mesogenic phthalocyanine-C60 donor-acceptor dyads designed for molecular heterojunction photovoltaic devices. Beilstein Journal of Organic Chemistry, 5(49). https://doi.org/10.3762/bjoc.5.49
5. Fayziyev, J. B., Djalilov, A. T., & Tillayev, A. T. (2019). Tarkibida metal tutgan yangi ftalosianin pigmentini tadqiq qilish [Study of a new metal-containing phthalocyanine pigment]. [Unpublished/Local source].
6. Исмаилов, Ф. С., и др. (2024). Испытание на прочность бетонных смесей с добавлением суперпластификаторов и базальтовой фибры. Universum: технические науки, 6(10[127]), 15–18.